

United States Patent Application by Hideaki OHNO
Corresponding to the Japanese Patent Application:
No. 2002-355158 filed on December 6, 2002.

発明の名称

流体軸受装置及び磁気ディスク装置

発明の背景

本発明は、シャフトとそのシャフトを回転可能に保持するスリーブとの隙間に充填する潤滑剤を圧力発生流体として利用する流体軸受装置に関する。例えば、磁気ディスク装置における磁気ディスク駆動用スピンドルモータ、高速デジタル複写機におけるポリゴンミラー回転駆動装置、レーザープリンタ、ビデオテープレコーダーにおける回転磁気ヘッド装置等に本発明に係る流体軸受装置が用いられている。本発明は、特に、高速回転時に生ずる回転部における静電気の帯電を防止する手段を有する流体軸受装置及び磁気ディスク装置に関するものである。

流体軸受装置は、シャフト、このシャフトを回転可能に保持するスリーブ、及びシャフトとスリーブとの隙間に充填された潤滑用流体である潤滑剤とにより少なくとも構成されている。流体軸受装置においては、回転時に充填されている流体の圧力を高めるための動圧発生溝が、シャフトの外周面とスリーブの内周面における少なくとも一方の面に形成されている。このように動圧発生溝が形成されている回転部分における隙間に潤滑剤が充填されているため、シャフトまたはスリーブの回転時において動圧発生溝のポンピング作用により潤滑剤の動圧が上昇し、シャフトはスリーブにより潤滑剤を介して非接触状態で保持される。

流体軸受装置の駆動状態においては、シャフトまたはスリーブのいずれか一方が潤滑剤を介して互いに非接触状態で高速回転する。この結果、回転部が潤滑剤の流動に起因して帯電する。また、上記のように構成された流体軸受装置を磁気ディスク装置に用いた場合、磁気ディスクの回転により磁気ディスクが空気と摩擦して帯電する。この帯電量は磁気ディスクが高速で回転するほど多くなる。磁気ディスクはスリーブに固定されており、スリーブは非導電性の潤滑剤を介して

非接触状態でシャフトに回転可能に保持されている。したがって、回転部である磁気ディスクに生じた電荷は、流出経路が無く、磁気ディスクとスリーブ等の回転部に徐々に蓄電されていく。このように帯電した静電気は磁気ディスク装置の動作時に突発的に放電するおそれがある。このような好ましくない放電が突発的に生じた場合、例えば、磁気ディスク装置においてはリードエラーまたはライトエラー等の誤動作が生じたり、磁気ディスク等に静電破壊が発生するおそれがあった。したがって、従来の流体軸受装置を用いた磁気ディスク装置は動作が不安定になるとともに、信頼性の点で問題を有していた。

このような問題を解決するために、従来の流体軸受装置においては、潤滑剤を通して電荷を逃がすため、潤滑剤に導電性ポリマー、カーボンブラック、アルキルアリルスルホン酸塩等の導電性付与剤が添加されていた。

しかしながら、上記のように潤滑剤に導電性付与剤を添加した場合、潤滑剤の粘性が増加し、高速回転時におけるトルク損失の増加と、そのトルク損失に伴う発熱による潤滑剤の劣化とを生じさせていた。

発明の概要

本発明は従来の流体軸受装置における問題を解決するものであり、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を従来の流体軸受装置より少なくし、耐熱性を有する信頼性の高い流体軸受装置及び磁気ディスク装置を提供することを目的とするものである。

上記目的を達成するために、本発明に係る流体軸受装置は、

シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてイオン性液体が添加された潤滑剤を具備する。このように構成された本発明の流体軸受装置は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくすることができる。

また、本発明の流体軸受装置においては、イオン性液体が有機酸と有機塩との組合せからなる常温溶融塩であってもよい。

また、本発明の流体軸受装置においては、イオン性液体が、1-ブチル3-メチルイミダゾリウム-6-フッ化リン、または1-ブチル3-メチルイミダゾリウム-4-フッ化硼素であってもよい。

本発明に係る他の観点の流体軸受装置は、シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてリニアアルキルスルホン酸塩が添加された潤滑剤を具備する。このように構成された本発明の流体軸受装置は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくすることができる。

本発明に係る他の観点の流体軸受装置は、シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤として電価移動錯体が添加された潤滑剤を具備する。このように構成された本発明の流体軸受装置は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくすることができる。

また、本発明の流体軸受装置においては、導電性付与剤としての電価移動錯体が、2,4,7-トリニトロフルオレノン・ポリビニルカルバゾール、またはテトラシアフルバレン(TTF)・テトラシアノキノジメタン(TCNQ)であってもよい。

本発明に係る他の観点の流体軸受装置は、シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてイオン性多価金属塩と前記イオン性多価金属塩と異なるカチオンを有する金属塩の混合物が添加された潤滑剤を具備する。このように構成された本発明の流体軸受装置は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくすることができる。

また、本発明の流体軸受装置においては、導電性付与剤として、トリイソプロピルサリチル酸クロム塩とジ-2-エチルヘキシルこはく酸カルシウム塩の組み合わせたもの、ジイソプロピルサリチル酸アルミニウム塩とオレイン酸マグネシウム塩の組み合わせたもの、若しくはパルミチン酸銅とジイソプロピルサリチル酸カルシウムの組み合わせたものであってもよい。

また、本発明の流体軸受装置においては、シャフトとスリーブユニットの対向面に形成された動圧発生溝が、前記シャフトをラジアル方向に保持する潤滑剤の動圧を発生させるラジアル動圧溝と、前記シャフトをスラスト方向に保持する潤滑剤の動圧を発生させるスラスト動圧溝とのいずれか、若しくは両方により構成することができる。

本発明に係る磁気ディスク装置は、前述の本発明に係る流体軸受装置、磁気記録媒体が固着されたハブ、及び

シャフトまたはスリーブユニットを回転駆動するステータコイルとロータマグネットで構成されたモータを具備する。このように構成された本発明の磁気ディスク装置は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくすることができるとともに、耐熱性を有する信頼性の高い磁気ディスク装置を提供することができる。

発明の新規な特徴は添付の請求の範囲に特に記載したものに他ならないが、構成及び内容の双方に関して本発明は、他の目的や特徴と合わせて図面と共に以下の詳細な説明を読むことにより、より良く理解され評価されるであろう。

図面の簡単な説明

図1は本発明に係る流体軸受装置の好適な実施の形態を示す断面図である。

図2は本発明に係る流体軸受装置を用いた磁気ディスク装置の回転部分の構成

を示す断面図である。

図面の一部または全部は、図示を目的とした概要的表現により描かれており、必ずしもそこに示された要素の実際の相対的大きさや位置を忠実に描写しているとは限らないことは考慮願いたい。

発明の詳細な説明

以下、本発明に係る流体軸受装置及び磁気ディスク装置の好適な実施の形態を添付の図面を参照しつつ説明する。

《実施の形態 1》

図 1 は本発明に係る流体軸受装置を磁気ディスク装置の 1 つであるハードディスクドライブ（HDD）に使用した実施の形態 1 の流体軸受装置を示した断面図である。

図 1 に示すように、実施の形態 1 の流体軸受装置は、回転可能に構成されたシャフト 1 と、このシャフト 1 をラジアル方向に支持する貫通孔 2 a を有するスリーブ 2 と、シャフト 1 の一方の端部に形成されている銑部 1 a の端面（図 1 における下面）に対向して配置されたスラスト板 3 と、潤滑剤 6 とを有している。潤滑剤 6 は、シャフト 1 の外周面とスリーブ 2 の貫通孔 2 a の内面との隙間、及び銑部 1 a とスラスト板 3 との隙間に充填されている。スリーブ 2 はハードディスクドライブ（HDD）の筐体に実質的に固定されたベース 7 と一体的に形成されている。スラスト板 3 はスリーブ 2 に取り付けられて、スリーブユニットが構成されている。

図 1 に示すように、スリーブ 2 の貫通孔 2 a の内面にはヘリングボーン形状の溝であるラジアル動圧溝 5 が上下 2 段に形成されている。このようにラジアル動圧溝 5 が形成されているため、シャフト 1 の回転時のラジアル動圧溝 5 の部分における潤滑剤 6 に対するポンピング作用により、潤滑剤 6 に動圧が発生する。これにより、シャフト 1 はラジアル方向にスリーブ 2 に接触することなく回転可能に保持される。また、スラスト板 3 の銑部 1 a との対向面には、スパイラル形状の溝であるスラスト動圧溝 4 が形成されている。このようにスラスト動圧溝 4 が

形成されているため、シャフト 1 の回転時のスラスト動圧溝 4 の部分における潤滑剤 6 に対するポンピング作用により、潤滑剤 6 に動圧が発生する。この動圧により、シャフト 1 は、浮き上がり、スラスト方向にスラスト板 3 に接触することなく潤滑剤 6 を介して回転可能に支持される。

図 1 に示すように、スリーブ 2 の貫通孔 2 a には、直径の小さい保持部 2 b と、直径の大きい鏝受部 2 c が形成されている。保持部 2 b には前述のラジアル動圧溝 5 が形成されており、シャフト 1 は保持部 2 b により確実に保持されるよう構成されている。スリーブ 2 には、鏝受部 2 c を閉塞するようにスラスト板 3 が取り付けられている。鏝受部 2 c とスラスト板 3 とにより形成される空間には、シャフト 1 の鏝部 1 a が配置されている。シャフト 1 に形成された鏝部 1 a は、鏝受部 2 c 内に配置されて抜け止めされている。スラスト板 3 に対向する鏝部 1 a がスラスト動圧溝 4 により生じた潤滑剤の動圧により、シャフト 1 は浮き上がりスリーブ 2 に接触することなく所望の圧力で支持される。

実施の形態 1 の流体軸受装置においては、スリーブ 2 の保持部 2 b の内周面に形成されたヘリングボーン形状のラジアル動圧溝 5 と、シャフト 1 の鏝部 1 a に対向するスラスト板 3 の内側面に形成されたスパイラル形状のスラスト動圧溝 4 とシャフト 1 との隙間には潤滑剤 6 が充填されて満たされている。

上記のように構成された実施の形態 1 の流体軸受装置において、ベース 7 を固定した状態で、シャフト 1 をその軸心の廻りに回転させる。シャフト 1 が回転することにより、ラジアル動圧溝 5 においてヘリングボーン形状に基くポンピング作用が働き、ヘリングボーン形状の中央部で潤滑剤 6 の圧力が上昇する。その結果、シャフト 1 が潤滑剤 6 により押圧されて、スリーブ 2 に対して所望の位置で非接触状態で保持される。

また、シャフト 1 が回転することにより、スラスト動圧溝 4 のスパイラル形状においてポンピング作用が働き、その中央部分で潤滑剤 6 の圧力が上昇する。その結果、シャフト 1 が潤滑剤 6 によりスラスト板 3 から浮上して、シャフト 1 はスラスト板 3 に対して非接触状態となる。

以上のように、シャフト 1 が回転することにより、ラジアル動圧溝 5 における潤滑剤 6 の圧力が上昇して、シャフト 1 はラジアル方向に確実に保持され、且つ

スラスト動圧溝 4 における潤滑剤 6 の圧力が上昇して、シャフト 1 はスラスト方向に確実に支持される。

以下、本発明に係る実施の形態 1 の流体軸受装置における潤滑剤 6 について説明する。

実施の形態 1 の流体軸受装置において、シャフト 1 の外周面とスリーブ 2 の貫通孔 2 a の内周面との間に形成される隙間に充填される潤滑剤 6 には、有機酸と有機塩との組合せからなる常温熔融塩であるイオン性液体が添加されている。有機酸と有機塩との組合せとしては、1-ブチル 3-メチルイミダゾリウム-6-フッ化リン、または 1-ブチル 3-メチルイミダゾリウム-4-フッ化硼素等がある。このように、潤滑剤 6 にイオン性液体が添加されていることによって、常に一定の導電性を有する潤滑剤 6 となる。これにより、シャフト 1 とスリーブ 2 とが互いに非接触であっても、所望の粘性を有してシャフト 1 とスリーブ 2 との間に電気導通経路を確実に形成することができる。

実施の形態 1 における潤滑剤 6 の基油としては、軸受の動圧発生に必要な粘度を有していれば特に限定されるものではなく、鉱物油や合成油である。合成油としては、 α -オレフィン、エステル油、シリコーン油、またはフッ素系油等の潤滑油がある。実施の形態 1 における潤滑剤 6 は、基油に上記のイオン性液体を 2 重量パーセント添加して潤滑剤 6 を作製した。このように作製した潤滑剤 6 の電気抵抗を測定したところ大幅に電気伝導度が増加しており、粘度は所望の値を維持していた。実施の形態 1 の潤滑剤 6 の電気抵抗率は、 10^7 [$\Omega \cdot \text{cm}$] であった。したがって、潤滑剤 6 には導電性が付加されており、シャフト 1 とスリーブ 2 との間に電気導通経路が形成される。その結果、磁気ディスク等の生じた静電気をこの電気導通経路を介して放電することが可能な構成となる。発明者の実験によれば、イオン性液体の添加量は、全潤滑剤 6 の重量に対して 0.01% 以上 10% 以下とすることが望ましい。このときの潤滑剤 6 の粘度は、40℃の状態では 5 センチストークス [cSt] から 30 センチストークス [cSt] の範囲であった。

なお、実施の形態 1 の流体軸受装置においては、スリーブ 2 の貫通孔 2 a の内周面にラジアル動圧溝 5 を形成した例で示したが、シャフト 1 の外周面にヘリン

グボーン形状の溝であるラジアル動圧溝を形成してもよく、またはスリーブ 2 の貫通孔 2 a の内周面とシャフト 1 の外周面の両面にヘリングボーン形状の溝であるラジアル動圧溝を形成してもよい。

また、実施の形態 1 の流体軸受装置においては、スラスト板 3 における鏑部 1 a との対向面にスラスト動圧溝 4 を形成した例で示したが、鏑部 1 a におけるスラスト板 3 との対向面にスラスト動圧溝 4 を形成してもよく、またはスラスト板 3 と鏑部 1 a の互いの対向面にスラスト動圧溝 4 を形成してもよい。さらに、スラスト動圧溝 4 は回転中心の周りに形成したヘリングボーン形状の溝で形成してもよい。

なお、スラスト動圧溝 4 及びラジアル動圧溝 5 は、固定部と回転部との対向面間の隙間において、潤滑剤 6 の圧力が上昇する形状であればよい。例えば、前述のヘリングボーン形状のように、回転により潤滑剤 6 の圧力が高まる所望の形状の屈折部を形成したり、溝の深さ、幅、溝形成角度等を変えるなど、種々の変更が可能である。

また、実施の形態 1 の流体軸受装置においては、シャフト 1 が回転部であり、スリーブ 2 が固定部である構成で示したが、本発明はスリーブ 2 が回転し、シャフト 1 が固定された構成であってもよい。

なお、実施の形態 1 における潤滑剤には、酸化防止剤、油性向上剤、極圧剤、防錆剤等の各種添加剤を配合して、潤滑剤としての機能を高めることができる。例えば、酸化防止剤としては、2, 6-di-tertiary-butyl-p-cresol等、油性向上剤としては、stearic acid等、極圧剤としては、di-n-butyl phoshate等、防錆剤としては、Ba-sulfonate等がある。

以上のように、実施の形態 1 の流体軸受装置においては、所望の粘性を有して導電性を有する潤滑剤を用いることにより、例えば磁気ディスク装置に用いた場合には、磁気ディスクなどに生じた静電気を放電するための経路を確実に確保することができるとともに、非常に低い損失トルクで回転部を長時間にわたり安定して駆動することができる。

《実施の形態 2》

以下、本発明に係る実施の形態２の流体軸受装置を用いた別の磁気ディスク装置であるハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合について添付の図２を参照しつつ説明する。

図２は本発明に係る実施の形態２の流体軸受装置を磁気ディスク装置の１つであるハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合を示した断面図である。

図２に示すように、実施の形態２の流体軸受装置においては、３枚の磁気ディスク１３、１３、１３がハブ１０に積層され、クランプ１１により固定されている。各磁気ディスク１３の間にはスペーサ１２が設けられており、各磁気ディスク１３が所望の間隔を有して配置されている。断面が逆Ｕ字形状のハブ１０の内周面にはロータマグネット９が設けられている。このロータマグネット９と、固定部であるスリーブ１０２の外周面に設けられたステータコイル８とによりモータが構成されている。スリーブ１０２はアースに接続されたベース１０７に固定されている。スリーブ１０２の中心には、回転部のシャフト１０１が挿入される孔１０２ａが形成されている。シャフト１０１の一部は磁気ディスク１３が固着されたハブ１０の中心に圧入されて固着されている。シャフト１の軸方向における略中間部分には円板形状のスラスト受１０１ａが設けられている。このスラスト受１０１ａは、スリーブ１０２の孔１０２ａにおける直径の大きな大径部１０２ｂに配置されている。

上記のように構成された実施の形態２の流体軸受装置においては、シャフト１０１の外周面とスリーブ１０２の孔１０２ａの内周面との隙間及び、スラスト受１０１ａの外周面と大径部１０２ｂの内面との隙間には潤滑剤６が充填されている。すなわち、シャフト１０１とスリーブ１０２との間であるラジアル隙間１４及び、スラスト受１０１ａと大径部１０２ｂとの間であるスラスト隙間１５には潤滑剤６が充填されている。この潤滑剤６は導電性を有する潤滑剤であり、回転時のシャフト１０１とスリーブ１０２との間に電気導通経路が形成されている。実施の形態２においては、スリーブ１０２によりスリーブユニットが構成されている。

実施の形態２の流体軸受装置における潤滑剤６は、前述の実施の形態１における潤滑剤と同じ組成を有している。即ち、潤滑剤６の基油に、１－ブチル３－メチルイミダゾリウム－６フッ化リン、または１－ブチル３－メチルイミダゾリウ

ムー４フッ化硼素等で示される、有機酸と有機塩との組合せからなる常温溶融塩であるイオン性液体が添加されている。潤滑剤６の基油としては、軸受の動圧発生に必要な粘度を有していれば特に限定されるものではなく、鉱物油や合成油であり、合成油としては、 α -オレフィン、エステル油、シリコーン油、またはフッ素系油等の潤滑油が用いられる。

なお、実施の形態２における潤滑剤には、酸化防止剤、油性向上剤、極圧剤、防錆剤等の各種添加剤を配合して、潤滑剤としての機能を高めてもよい。

図２に示すように、実施の形態２の流体軸受装置において、シャフト１０１の外周面にはヘリングボーン形状の溝であるラジアル動圧溝１０５が上下２段に形成されている。このようにラジアル動圧溝１０５が形成されているため、シャフト１０１の回転時において、ラジアル動圧溝１０５の部分で潤滑剤に対してポンピング作用が働き、潤滑剤に動圧が発生する。これにより、シャフト１０１はラジアル方向にスリーブ１０２に接触することなく回転可能に保持される。また、スラスト受１０１ａの下面と対向する、スリーブ１０２の孔１０２ａにおける大径部１０２ｂの面には、ヘリングボーン形状の溝であるスラスト動圧溝が形成されている。このようにスラスト動圧溝が形成されているため、シャフト１０１の回転時において、スラスト動圧溝の部分で潤滑剤に対してポンピング作用が働き、潤滑剤に動圧が発生する。これにより、シャフト１０１は、スラスト方向に浮き上がり、スリーブ１０２に接触することなく回転可能に支持される。

実施の形態２の流体軸受装置において、磁気ディスク１３、ハブ１０及びシャフト１０１等で構成された回転部は、ステータコイル８とロータマグネット９により構成されたモータが起動することにより高速で回転する。回転部が回転することにより、ラジアル隙間１４とスラスト隙間１５に充填された潤滑剤６に対して、ラジアル動圧溝１０５とスラスト動圧溝の部分においてポンピング作用が働き動圧が生じる。この潤滑剤６の動圧により、シャフト１０１は浮上して、スリーブ１０２内の所望の位置に保持され回転する。

実施の形態２の流体軸受装置の構成において、積層された磁気ディスク１３に挟まれたスペーサ１２及び、磁気ディスク１３をハブ１０に固定するクランプ１１は、例えば金属や導電性樹脂等の導電性材料により形成されている。このため、

磁気ディスク 13 とハブ 10 は電氣的に接続された状態である。ハブ 10 は、アルミニウムまたは鉄系の金属材料により形成されており、ハブ 10 に圧入されたシャフト 101 と電氣的には等価である。したがって、磁気ディスク 13 とスリーブ 102 は、導電性を有する潤滑剤を介して電氣的に接続された構造であり、磁気ディスク 13 に発生した静電気はベース 107 を通って放電される。

なお、磁気ディスク装置に用いた流体軸受装置において、シャフトが固定部に属し、スリーブが回転部に属する構成の場合、回転部に固着された磁気ディスクで発生した静電気は、潤滑剤及びシャフトを介してベースを通して確実に放電される。

以上のように、実施の形態 2 の流体軸受装置においては、所望の粘性を有して導電性を有する潤滑剤を用いることにより、例えば磁気ディスク装置に用いた場合には、磁気ディスクなどに生じた静電気を放電するための経路を確実に確保することができるとともに、非常に低い損失トルクで回転部を長時間にわたり安定して駆動することができる。

《実施の形態 3》

以下、本発明に係る実施の形態 3 の流体軸受装置を図 1 に示したハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合について説明する。実施の形態 3 の流体軸受装置において、潤滑剤の構成以外は前述の実施の形態 1 の流体軸受装置と実質的に同じ構成である。

実施の形態 3 における潤滑剤の基油としては、軸受の動圧発生に必要な粘度を有していれば特に限定されるものではなく、鉱物油や合成油であり、合成油としては、 α -オレフィン、エステル油、シリコン油、またはフッ素系油等の潤滑油が用いられる。実施の形態 3 における潤滑剤の基油は、実施の形態 1 の潤滑剤 6 の基油と同じものを使用した。実施の形態 3 においては、この基油にリニアアルキルスルホン酸塩が添加されている。実施の形態 3 における潤滑剤においては、リニアアルキルスルホン酸塩を 3 重量パーセント添加して潤滑剤を作製した。このように作製した実施の形態 3 における潤滑剤の電気抵抗を測定したところ大幅に電気伝導度が増加しており、粘度は所望の値を維持していた。実施の形

態 3 における潤滑剤の電気抵抗率は、 10^9 [$\Omega \cdot \text{cm}$] であった。したがって、実施の形態 3 における潤滑剤には導電性が付加されており、シャフトとスリーブとの間に電気導通経路が確実に形成されている。その結果、実施の形態 3 の流体軸受装置を用いたハードディスク装置（HDD）においては、磁気ディスク等に生じた静電気をこの電気導通経路を介して放電することが可能な構成となる。発明者の実験によれば、イオン性液体の添加量は、全潤滑剤の重量に対して 0.01% 以上 10% 以下とすることが望ましい。このときの潤滑剤の粘度は、40℃ の状態で 5 センチストークス [cSt] から 30 センチストークス [cSt] の範囲であった。

以上のように、実施の形態 3 の流体軸受装置における潤滑剤には、リニアアルキルスルホン酸塩が添加されているため、同種のアルキルアリルスルホン酸塩を添加する場合に比べ粘度の上昇が少ない。さらに、実施の形態 3 の流体軸受装置においては、常に一定の導電性を潤滑剤に付与することができるため、回転部と固定部との間の電気導通経路を確実に確保することができる。

なお、実施の形態 3 における潤滑剤には、酸化防止剤、油性向上剤、極圧剤、防錆剤等の各種添加剤を配合して、潤滑剤としての機能を高めてもよい。

また、実施の形態 3 の流体軸受装置は、図 1 に示したハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合について説明したが、図 2 に示した磁気ディスク装置に使用することもできる。

以上のように、実施の形態 3 の流体軸受装置においては、所望の粘性を有して導電性を有する潤滑剤を用いることにより、例えば磁気ディスク装置に用いた場合には、磁気ディスクなどに生じた静電気を放電するための経路を確保するとともに、非常に低い損失トルクで回転部を長時間にわたり安定して駆動することができる。

《実施の形態 4》

以下、本発明に係る実施の形態 4 の流体軸受装置を図 1 に示したハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合について説明する。実施の形態 4 の流体軸受装置において、潤滑剤の構成以外は前述の実施の形態 1 の流体軸受装置と実質

的に同じ構成である。

実施の形態4における潤滑剤の基油としては、軸受の動圧発生に必要な粘度を有していれば特に限定されるものではなく、鉱物油や合成油であり、合成油としては、 α -オレフィン、エステル油、シリコン油、またはフッ素系油等の潤滑油が用いられる。実施の形態4における潤滑剤の基油は、実施の形態1の潤滑剤6の基油と同じものを使用した。実施の形態4においては、この基油に2, 4, 7-トリニトロフルオレノン・ポリビニルカルバゾール、またはテトラチアフルバレン(TTF)・テトラシアノキノジメタン(TCNQ)等の電価移動錯体を添加されている。

実施の形態4における潤滑剤においては、電価移動錯体を2重量パーセント添加して潤滑剤を作製した。このように作製した実施の形態4の潤滑剤の電気抵抗を測定したところ大幅に電気伝導度が増加しており、粘度は所望の値を維持していた。実施の形態4における潤滑剤の電気抵抗率は、 $10^8 [\Omega \cdot \text{cm}]$ であった。したがって、実施の形態4における潤滑剤には導電性が付加されており、シャフトとスリーブとの間に電気導通経路が確実に形成されている。その結果、実施の形態4の流体軸受装置を用いたハードディスク装置(HDD)においては、磁気ディスク等に生じた静電気をこの電気導通経路を介して放電することが可能な構成となる。発明者の実験によれば、電価移動錯体の添加量は、全潤滑剤の重量に対して0.01%以上10%以下とすることが望ましい。このときの潤滑剤の粘度は、40℃の状態では5センチストークス[cSt]から30センチストークス[cSt]の範囲であった。

以上のように、実施の形態4の流体軸受装置における潤滑剤に、2, 4, 7-トリニトロフルオレノン・ポリビニルカルバゾール、またはテトラチアフルバレン(TTF)・テトラシアノキノジメタン(TCNQ)等の電価移動錯体を添加することによって、常に一定の導電性を潤滑剤に付与することができるため、回転部と固定部との間の電気導通経路を確実に確保することができる。

なお、実施の形態4における潤滑剤には、酸化防止剤、油性向上剤、極圧剤、防錆剤等の各種添加剤を配合して、潤滑剤としての機能を高めることができる。

また、実施の形態4の流体軸受装置は、図1に示したハードディスクドライブ

(HDD) に使用した場合について説明したが、図 2 に示した磁気ディスク装置に使用することもできる。

以上のように、実施の形態 4 の流体軸受装置においては、所望の粘性を有して導電性を有する潤滑剤を用いることにより、例えば磁気ディスク装置に用いた場合には、磁気ディスクなどに生じた静電気を放電するための経路を確実に確保するとともに、非常に低い損失トルクで回転部を長時間にわたり安定して駆動することができる。

《実施の形態 5》

以下、本発明に係る実施の形態 5 の流体軸受装置を図 1 に示したハードディスクドライブ (HDD) に使用した場合について説明する。実施の形態 5 の流体軸受装置において、潤滑剤の構成以外は前述の実施の形態 1 の流体軸受装置と実質的に同じ構成である。

実施の形態 5 における潤滑剤の基油としては、軸受の動圧発生に必要な粘度を有していれば特に限定されるものではなく、鉱物油や合成油であり、合成油としては、 α -オレフィン、エステル油、シリコン油、またはフッ素系油等の潤滑油が用いられる。実施の形態 5 における潤滑剤の基油は、実施の形態 1 の潤滑剤 6 の基油と同じものを使用した。実施の形態 5 においては、この基油にカルボン酸やスルホン酸などと反応したマグネシウム塩、カルボン酸やスルホン酸などと反応したアルカリ土類金属塩、カルボン酸やスルホン酸などと反応した Cu, Fe, Mn, Ni, Co, Cr などの多価金属からなる塩、すなわちイオン性多価金属塩からなるカルボン酸塩またはスルホン酸塩、さらにアルキル化アンモニウム塩等のカチオン (陽イオン) を有する塩との組み合わせにおいて、前記イオン性多価金属塩と異なるカチオン (陽イオン) を有する塩の混合物を添加している。

実施の形態 5 における潤滑剤の基油に対する添加物としての具体的な例としては、トリイソプロピルサリチル酸クロム塩とジ-2-エチルヘキシルこはく酸カルシウム塩の組み合わせたもの、ジイソプロピルサリチル酸アルミニウム塩とオレイン酸マグネシウム塩を組み合わせたもの、またはパルミチン酸銅とジイソプロピルサリチル酸カルシウム等である。

実施の形態5における潤滑剤においては、前記添加物を基油に対して2重量パーセント添加して潤滑剤を作製した。このように作製した実施の形態5の潤滑剤の電気抵抗を測定したところ大幅に電気伝導度が増加しており、粘度は所望の値を維持していた。実施の形態5における潤滑剤の電気抵抗率は、 10^9 [$\Omega \cdot \text{cm}$]であった。したがって、実施の形態5における潤滑剤には導電性が付加されており、シャフトとスリーブとの間に電気導通経路が確実に形成されている。その結果、実施の形態5の流体軸受装置を用いたハードディスク装置（HDD）においては、磁気ディスク等に生じた静電気をこの電気導通経路を介して放電することが可能な構成となる。発明者の実験によれば、前記添加物の添加量は、全潤滑剤の重量に対して0.01%以上10%以下とすることが望ましい。このときの潤滑剤の粘度は、40℃の状態では5センチストークス [cSt] から30センチストークス [cSt] の範囲であった。

以上のように、実施の形態5の流体軸受装置における潤滑剤に、前記添加物を混合することによって、常に一定の導電性を潤滑剤に付与することができるため、回転部と固定部との間の電気導通経路を確実に確保することができる。

なお、実施の形態5における潤滑剤には、酸化防止剤、油性向上剤、極圧剤、防錆剤等の各種添加剤を配合して、潤滑剤としての機能を高めることができる。

また、実施の形態5の流体軸受装置は、図1に示したハードディスクドライブ（HDD）に使用した場合について説明したが、図2に示した磁気ディスク装置に使用することもできる。

以上のように、実施の形態5の流体軸受装置においては、所望の粘性を有して導電性を有する潤滑剤を用いることにより、例えば磁気ディスク装置に用いた場合には、磁気ディスクなどに生じた静電気を放電するための経路を確保するとともに、非常に低い損失トルクで回転部を長時間にわたり安定して駆動することができる。

以上のように本発明に係る流体軸受装置および流体軸受装置を用いた磁気ディスク装置は、シャフトとスリーブとの間に充填された潤滑剤が導電性付与添加物を含有することにより回転部に静電気が蓄積することがなく、高速回転等の使用条件下でも安定して動作し、かつ低トルク損失を確実に実現できる。

発明をある程度の詳細さをもって好適な形態について説明したが、この好適形態の現開示内容は構成の細部において変化してしかるべきものであり、各要素の組合せや順序の変化は請求された発明の範囲及び思想を逸脱することなく実現し得るものである。

請求の範囲

1. シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてイオン性液体が添加された潤滑剤、
を具備することを特徴とする流体軸受装置。

2. イオン性液体が有機酸と有機塩との組合せからなる常温熔融塩である請求項1に記載の流体軸受装置。

3. イオン性液体が1-ブチル3-メチルイミダゾリウム-6フッ化リン、または1-ブチル3-メチルイミダゾリウム-4フッ化硼素で示される有機酸と有機塩との組合せからなる常温熔融塩である請求項1に記載の流体軸受装置。

4. シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてリニアアルキルスルホン酸塩が添加された潤滑剤、
を具備することを特徴とする流体軸受装置。

5. シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤として電価移動錯体が添加された潤滑剤、
を具備することを特徴とする流体軸受装置。

6. 導電性付与剤としての電価移動錯体が、2, 4, 7-トリニトロフルオレノン・ポリビニルカルバゾール、またはテトラチアフルバレン(TTF)・テトラシアノキノジメタン(TCNQ)である請求項5に記載の流体軸受装置。

7. シャフト、

前記シャフトが挿入される孔を有するスリーブユニット、

前記シャフトと前記スリーブユニットの対向面におけるいずれか一方の面に形成された動圧発生溝、及び

前記シャフトと前記スリーブユニットとの対向面間の隙間に充填され、導電性付与剤としてイオン性多価金属塩と前記イオン性多価金属塩と異なるカチオンを有する金属塩の混合物が添加された潤滑剤、
を具備することを特徴とする流体軸受装置。

8. 導電性付与剤として、トリイソプロピルサリチル酸クロム塩とジ-2-エチルヘキシルこはく酸カルシウム塩の組み合わせたもの、ジイソプロピルサリチル酸アルミニウム塩とオレイン酸マグネシウム塩の組み合わせたもの、若しくはパルミチン酸銅とジイソプロピルサリチル酸カルシウムの組み合わせたものである請求項7に記載の流体軸受装置。

9. シャフトとスリーブユニットの対向面に形成された動圧発生溝が、前記シャフトをラジアル方向に保持する潤滑剤の動圧を発生させるラジアル動圧溝と、前記シャフトをスラスト方向に保持する潤滑剤の動圧を発生させるスラスト動圧溝である請求項1, 4, 5, 7のいずれか一つの請求項に記載の流体軸受装置。

10. 請求項1, 4, 5, 7のいずれか一つの請求項に記載の流体軸受装置、

磁気記録媒体が固着されたハブ、及び
シャフトまたはスリーブユニットを回転駆動するステータコイルとロータマグ
ネットで構成されたモータ、
を具備することを特徴とする磁気ディスク装置。

要約書

本発明は、回転部の帯電を防止し、かつ潤滑剤に起因するトルク損失を少なくし、耐熱性を有する流体軸受装置を提供するために、シャフトとスリーブユニットとの対向面間の隙間に充填される潤滑剤に、導電性付与剤としてイオン性液体等が添加されている。